

【基盤研究(S)】

理工系 (工学)



研究課題名 実用デバイスに向けたハーフメタルホイスラー合金のスピ ン依存伝導機構の解明

物質・材料研究機構・磁性・スピントロニクス材料研究拠点・ほうの かずひろ
宝野 和博
フェロー

研究課題番号：17H06152 研究者番号：60229151

研究分野：金属物性・材料

キーワード：スピントロニクス、ハーフメタル、CPP-GMR

【研究の背景・目的】

スピントロニクスは、スピン分極した電子を制御することで、不揮発性磁気メモリ (MRAM) や超高感度磁気センサーといった IoT 社会に必要な高機能デバイスの実現を目指す学問・技術領域である。もし室温で伝導電子が 100% スピン分極したハーフメタルが開発されれば、それを用いて飛躍的に優れた性能のスピントロニクス素子が実現できる。

われわれはこれまで Co 基ホイスラー合金系ハーフメタルの研究に取り組んできた。特に強磁性/非磁性/強磁性の積層構造を持つ面直電流巨大磁気抵抗 (CPP-GMR) 素子の開発において、磁気抵抗 (MR) 比の世界記録を次々に更新し、図 1 に示すように 2016 年には低温 (10K) で 285% と大きな MR 比を達成

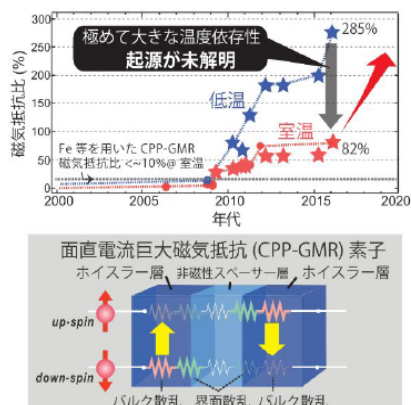


図 1: ホイスラー合金を用いた CPP-GMR の MR 比の推移と温度依存性。★がわれわれによる成果。下：CPP-GMR のバルクと界面散乱。

した。しかしこの MR 比は室温ではその 1/3 の 82% にまで低下してしまう。これは温度上昇によってハーフメタル性が損なわれるためであり、その克服が重要な課題である。原因としては、バルクや界面での理想的な結晶構造からの乱れが考えられる。本研究では、構造と電子状態を詳しく調べ、その関係を第一原理計算と組み合わせることで解明することにより室温でのハーフメタル性を実現し、実用デバイスにつなげることを目的とする。

【研究の方法】

ホイスラー合金薄膜と CPP-GMR デバイスを作製し、それらの MR 特性、及び異方性磁気抵抗の測定

によるスピン分極率の評価を行う。超高真空試料輸送システムを構築し、薄膜試料を大気にさらさず実験施設に輸送し、清浄表面・界面のスピン分解光電子分光 (PES) による電子構造観察を行う。また X 線磁気円二色性 (XMCD) による界面磁性評価、放射光異常分散 XRD により原子番号の近い構成元素からなるホイスラー合金薄膜の規則度の定量的評価を行う。収差補正走査透過電子顕微鏡 (STEM) により、界面終端構造と局所微細構造を観察する。これに加え、第一原理計算により原子不規則化や終端界面、界面バンド整合を予測する。有限温度における伝導特性を計算する新規理論モデルを考案する。

これらの知見を元に、磁気抵抗出力の増大と、温度依存性改善のための新規材料や新規プロセスを開発し、高性能磁気センサーの実現に向けた研究へと展開させる。

【期待される成果と意義】

本研究はホイスラー合金薄膜とデバイス試作、界面構造・電子構造・界面磁性の測定、そして理論計算を有機的に結びつけることにより、デバイス応用上の重要な工学問題を解くことに特色がある。ハーフメタル性はあらゆるスピントロニクスデバイスの性能の根幹となるものであり、CPP-GMR 素子をはじめとし、超高感度磁気センサーや MRAM 等の実用化・高性能化に多大な貢献が期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- J. W. Jung et al., *Enhancement of magnetoresistance by inserting thin NiAl layers at the interfaces in $\text{Co}_2\text{FeGa}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}/\text{Ag}$ / $\text{Co}_2\text{FeGa}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$ current-perpendicular-to-plane pseudospin valves*, Appl. Phys. Lett. 108, 10408 (2016).
- Y. Sakuraba et al., *Quantitative analysis of anisotropic magnetoresistance in Co_2MnZ and Co_2FeZ epitaxial thin films: A facile way to investigate spin-polarization in half-metallic Heusler compounds*, Appl. Phys. Lett. 104, 172407 (2014).

【研究期間と研究経費】

平成 29 年度 - 33 年度
162,400 千円

【ホームページ等】

http://www.nims.go.jp/mmu/index_j.html
kazuhiro.hono@nims.go.jp